

24 MAR 2005



EP03/10625  
10/528368

REC'D	19 NOV 2003
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 45 590.2

**Anmeldetag:**

26. September 2002

**Anmelder/Inhaber:**

IHP GmbH - Innovations for High Performance  
Microelectronics / Institut für innovative Mikro-  
elektronik, 15236 Frankfurt/DE

**Bezeichnung:**

Halbleiterbauelement mit Praseodymoxid-  
Dielektrikum

**IPC:**

H 01 L 21/316

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. September 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Letang

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



München  
 Patentanwälte  
 European Patent Attorneys  
 Dipl.-Phys. Heinz Nöth  
 Dipl.-Wirt.-Ing. Rainer Fritzsche  
 Urm.-Chem. Gabriele Leißler-Gerstl  
 Dipl.-Ing. Olaf Ungerer  
 Patentanwalt  
 Dipl.-Chem. Dr. Peter Schuler

Alicante  
 European Trademark Attorney  
 Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt

Berlin  
 Patentanwälte  
 European Patent Attorneys  
 Dipl.-Ing. Henning Christiansen  
 Dipl.-Ing. Joachim von Oppen  
 Dipl.-Ing. Jutta Kaden

Pacelliallee 43/45  
 D-14195 Berlin  
 Tel. +49-(0)30-841 8870  
 Fax +49-(0)30-8418 8777  
 Fax +49-(0)30-832 7064  
 mail@eisenfuhr.com  
 http://www.eisenfuhr.com

Patentanwälte  
 European Patent Attorneys  
 Dipl.-Ing. Günther Eisenführ  
 Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser  
 Dr.-Ing. Werner W. Rabus  
 Dipl.-Ing. Jürgen Brügge  
 Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt  
 Dipl.-Ing. Klaus G. Göken  
 Jochen Ehlers  
 Dipl.-Ing. Mark Andres  
 Dipl.-Chem. Dr. Uwe Stickenböhmer  
 Dipl.-Ing. Stephan Keck  
 Dipl.-Ing. Johannes M. B. Wasilijeff

Rechtsanwälte  
 Ulrich H. Sander  
 Christian Spintig  
 Sabine Richter  
 Harald A. Förster

Hamburg  
 Patentanwalt  
 European Patent Attorney  
 Dipl.-Phys. Frank Meier

Rechtsanwälte  
 Rainer Böhm  
 Nicol A. Schrömgens, LL.M.

Berlin, 26. September 2002

Unser Zeichen: IB 1232-01DE LE/js  
 Durchwahl: 030/841 887 0

Anmelder/Inhaber: IHP GmbH - Innovations for High Performance  
 Microelectronics / Institut für innovative Mikroelektronik  
 Amtsaktenzeichen: Neu Anmeldung

IHP GmbH - Innovations for High Performance Microelectronics /  
 Institut für innovative Mikroelektronik  
 Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder)

### Halbleiterbauelement mit Praseodymoxid-Dielektrikum

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit einer siliziumhaltigen Schicht und einer Praseodymoxidschicht. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektronischen Bauelementes.

Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schichten auf Si(001)-Substraten sind wegen ihrer vergleichsweise großen Dielektrizitätskonstanten ( $k \approx 30$ ) besonders geeignet, das traditionelle gatedielektrische Material SiO<sub>2</sub> in der Sub-0,1 µm-CMOS-Technologie zu ersetzen. Es wird jedoch allgemein davon ausgegangen, dass eine ultradünne SiO<sub>2</sub>-Schicht zwischen dem Si-Substrat und einem alternativen dielektrischen Material notwendig ist, um Bindungen und Ladungen aneinander anzupassen und mechanische Spannungen abzubauen und auf diese Weise eine hohe Ladungsträgbeweglichkeit zu erzielen.

Wie folgende Betrachtung zeigt, verringert eine solche dünne SiO<sub>2</sub>-Zwischenschicht die dielektrische Wirksamkeit des Ersatzmaterials. Wenn wir

davon ausgehen, dass die Dicke  $t_{\text{high-k}}$  des alternativen Dielektrikums dieselbe Kapazität bewirken soll wie eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht mit der äquivalenten Dicke  $t_{\text{eq}}$ , ergibt sich

$$t_{\text{high-k}} = (k_{\text{high-k}} / k_{\text{SiO}_2}) t_{\text{eq}}, \quad (1)$$

5. worin  $k_{\text{SiO}_2}$  die Dielektrizitätskonstante des  $\text{SiO}_2$  ist. Da die  $\text{SiO}_2$ -Zwischenschicht eine in Reihe mit dem alternativen Dielektrikum geschaltete zweite Kapazität  $C_{\text{SiO}_2}$  darstellt, lässt sich die resultierende Kapazität wie folgt berechnen:

$$1/C_{\text{res}} = 1/C_{\text{high-k}} + 1/C_{\text{SiO}_2}, \quad (2)$$

- 10 wobei  $C_{\text{high-k}}$  die Kapazität der dielektrischen Schicht ist. Unter Verwendung von (1) erhält man dann für die äquivalente Dicke des Schichtsystems  $t_{\text{eq}}^s$ , bestehend aus einer dünnen  $\text{SiO}_2$ -Schicht  $t_{\text{SiO}_2}$  und der dielektrischen Schicht  $t_{\text{high-k}}$ ,

$$t_{\text{eq}}^s = t_{\text{SiO}_2} + (k_{\text{SiO}_2} / k_{\text{high-k}}) t_{\text{high-k}}, \quad (3)$$

- 15 Aus (3) folgt unmittelbar, dass die minimal erreichbare äquivalente Oxiddicke  $t_{\text{eq}}^s$  niemals kleiner sein kann als die Dicke  $t_{\text{SiO}_2}$  der  $\text{SiO}_2$ -Schicht. Deshalb ist die mit dem Einsatz eines Materials mit großer Dielektrizitätskonstante angestrebte Zunahme der Kapazität gefährdet.

- 20 Während eine sehr große Kapazität der Schicht bei extrem geringen Leckströmen wesentlich ist für die Anwendung des Materials in dynamischen RAMs (DRAMs), sind sehr hohe Interfacequalität und Ladungsträgerbeweglichkeit im Kanal maßgeblich für den Einsatz des Materials in MOSFETs.

- Das der Erfindung zu Grunde liegende technische Problem besteht darin, ein Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art mit ausreichend hoher Kapazität und Ladungsträgerbeweglichkeit auch bei besonders geringen Ausmaßen anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektronischen Bauelements anzugeben.

- 30 Hinsichtlich des Halbleiterbauelements wird das Problem gelöst durch ein Halbleiterbauelement mit einer siliziumhaltigen Schicht und einer Praseodymoxidschicht, bei dem zwischen der Siliziumschicht und der Praseodymoxidschicht eine Mischoxidschicht enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff angeordnet ist, die eine Schichtdicke von weniger als 5 Nanometern aufweist.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass ein Mischoxid enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff geeignet ist, die vorteilhaften Eigenschaften der bisher üblichen  $\text{SiO}_2/\text{Si}(001)$ -Grenzfläche mit denen des alternativen Dielektrikums Praseodymoxid (beispielsweise in der Form  $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ) zu kombinieren.

5 Das Mischoxid, das im folgenden auch als Praseodymsilikat bezeichnet wird, hat im Vergleich zu Siliziumoxid eine größere Dielektrizitätskonstante. Unter der Annahme, dass die Mischoxidschicht die gleiche Dicke besitzt, wie eine sonst notwendige Siliziumoxid-Zwischenschicht zwischen dem siliziumhaltigen Substrat und dem Praseodymoxid, verringert sich nach Gleichung (3) die minimal erreichbare äquivalente Oxiddicke um einen Faktor, der dem Verhältnis  
10 der Dielektrizitätskonstanten von Praseodymsilikat und Siliziumoxid entspricht.

Die Mischoxidschicht bewirkt eine hohe Ladungsträgerbeweglichkeit bei dem erfindungsgemäßen Bauelement nach derzeitigem Kenntnisstand dadurch, dass an der Grenzfläche zur siliziumhaltigen Schicht Si-O-Bindungen und keine Si-Pr-Bindungen bestehen. Die Si-O Bindungen bewirken elektrische Eigenschaften, wie sie von der  $\text{SiO}_2/\text{Si}(001)$ -Grenzfläche her bekannt sind.  
15

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Mischoxidschicht gelingt es demnach, einerseits eine sehr hohe Grenzflächenqualität und andererseits eine ausreichend hohe Kapazität zu gewährleisten. Es wird ein Übergang vom siliziumhaltigen Substrat zum Dielektrikum erzielt, der alle geforderten Eigenschaften aufweist.  
20

Die Dicke der Mischoxidschicht beeinflusst nach dem zuvor gesagten die Kapazität einer Kondensatorstruktur, die die siliziumhaltige Schicht und die Praseodymoxidschicht in einem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement umfasst. Erfindungsgemäß beträgt die Schichtdicke maximal 5 nm. Je höher der für ein erfindungsgemäßes Bauelement angestrebte Wert der Kapazität ist,  
25 desto geringer sollte die Schichtdicke der Mischoxidschicht gewählt werden.

Daher werden meist geringe Schichtdicken der Mischoxidschicht bevorzugt. In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Mischoxidschicht eine Schichtdicke maximal 3 nm auf.

30 Bei einer derzeit besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Mischoxidschicht eine pseudobinäre, nicht stöchiometrische Legierung des Typs  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  oder ein Silikat dieses Typs.

Der Wert von  $x$  hat sich als unter anderem von der Schichtdicke abhängig herausgestellt. Das heißt, bei Bauelementen mit unterschiedlichen Dicken der Mischoxidschicht unterscheiden sich die Koeffizienten  $x$ . Der Koeffizient  $x$  nimmt mit der Schichtdicke zu. Eine eingehende Analyse der Zusammensetzung des Mischoxids, gekennzeichnet durch  $x$ , hat ergeben, dass im Schichtdickenbereich bis 3 nm der Wert  $x$  von 0,3 bis auf 1 mit der Dicke anwächst.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung steigt der Koeffizient  $x$  zwischen der siliziumhaltigen Schicht und der Praseodymoxidschicht an. Bei diesem Ausführungsbeispiel nimmt der Koeffizient  $x$  innerhalb der Mischoxidschicht zu.

Die siliziumhaltige Schicht besteht in einer bevorzugten Ausführungsform aus dotiertem oder undotiertem Silizium. Es kann jedoch auch eine dotierte oder undotierte Silizium-Germanium-Legierung in der siliziumhaltigen Schicht vorgesehen sein. Wird eine Silizium-Germanium-Legierung verwendet, kann zusätzlich Stickstoff in die siliziumhaltige Schicht eingebaut werden, um eine Grenzfläche hoher Qualität zu erzielen.

Dabei hat die siliziumhaltige Schicht an der Grenzfläche zur Mischoxidschicht vorzugsweise eine (001)-Orientierung. Auf diese Weise wird eine besonders hohe Grenzflächenqualität erzielt.

Das erfindungsgemäße Bauelement kann vorzugsweise insbesondere in Form eines MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) oder in Form eines Speicherbauelements in einem RAM-Baustein (Random Access Memory) wie einem dynamischen ROM (DROM) Anwendung finden.

Hinsichtlich ihres Verfahrensaspektes wird die Aufgabe gelöst durch ein Herstellungsverfahren für ein elektronisches Bauelement mit dem Schritt:

- Abscheiden einer Praseodymoxidschicht auf einer siliziumhaltigen Schicht, bei dem vor dem genannten Abscheideschritt ein Schritt des Abscheidens einer Mischoxidschicht enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff bei einer Substrattemperatur von weniger als 700°C erfolgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass das ihm zu Grunde liegende Problem zu lösen ist, wenn es gelingt, das alternative dielektrische Material Praseodymoxid  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  so auf  $\text{Si}(001)$  zu wachsen, dass keine  $\text{SiO}_2$ -Zwischenschicht entsteht und auch eine solche Schicht nicht not-

wendig ist, um eine ausreichend hohe Ladungsträgerbeweglichkeit zu erhalten.

Dies gelingt, indem eine Mischoxidschicht auf der Silizium enthaltenden Schicht aufgewachsen wird. Diese Mischoxidschicht enthält Silizium, Praseodym und Sauerstoff.

Von großer Bedeutung für die Grenzflächenqualität und damit für die Ladungsträgerbeweglichkeit ist es, dass bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement an der Grenzfläche zum Substrat keine Silizide gebildet werden. Hier wird in erfinderischer Weise die Tatsache genutzt, dass im Temperaturbereich bis 800°C Praseodym-Ionen an der Oberfläche des siliziumhaltigen Substratmaterials abstoßenden Kräften unterliegen, so dass es dort zu Si-O-Bindungen und nicht zu Si-Pr-Bindungen kommt. Das heißt, es werden an der Grenzfläche zum Substrat keine Silizide gebildet. Die stattdessen entstehenden Si-O-Bindungen an der Grenzfläche bewirken besonders gute elektrische Eigenschaften, wie sie von der  $\text{SiO}_2/\text{Si}(001)$ -Grenzfläche her bekannt sind.

Es existiert demnach eine chemisch reaktive Interface, die aus einem Si-Pr-Mischoxid der Form  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  besteht, das typischerweise nicht stöchiometrisch zusammengesetzt ist.

Die erfindungsgemäß vorgegebene Temperaturobergrenze von 700°C verhindert ein Zersetzen von Strukturelementen des entstehenden Bauelements, insbesondere der Mischoxidschicht selbst.

Bevorzugt erfolgen die Schritte des Abscheidens einer Mischoxidschicht und des Abscheidens einer Praseodymoxidschicht in Form eines Abscheidens aus der Gasphase. Auf diese Weise gelingt ein besonders kontrolliertes Wachstum dieser Schichten.

Die genannten Abscheideschritte können mittels Molekularstrahlabscheidung (Molekularstrahlepitaxie, Molecular Beam Epitaxy, MBE) oder mittels chemischer Gasphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition, CVD) erfolgen.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht in einer sauerstoffhaltigen Gasatmosphäre. Wie weiter unten anhand von Figur 1 näher erläutert wird, hat sich gezeigt, dass die Gegenwart von Sauerstoff in

der Gasatmosphäre der Wachstumskammer eine große Bedeutung für die Kontrolle der Schichtzusammensetzung hat. So entsteht insbesondere bei einem Mangel an Sauerstoff statt Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$  Siliziummonoxid  $\text{SiO}$ . Mit Hilfe des Sauerstoffangebots kann die Zusammensetzung, das heißt der Stöchiometriekoeffizient  $x$  des Silikats  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  gesteuert werden. Ein Sauerstoffüberangebot ist von großer Wichtigkeit für das Entstehen der Si-O-Bindungen im Bereich der Grenzfläche aufgrund der hohen Reaktivität von Silizium aus der siliziumhaltigen Schicht und Sauerstoff.

Auch für das Abscheiden der Praseodymoxidschicht ist eine sauerstoffhaltige Gasatmosphäre vorteilhaft.

Vorzugsweise kommt als ein Ausgangsmaterial für den Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht ein Material zum Einsatz, das Praseodymoxid in der Form  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  enthält oder sogar vollständig daraus besteht. Die Reduktion von Praseodymoxid  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  in der Wachstumskammer sorgt für einen Sauerstoffpartialdruck, mit dem das Schichtwachstum in der gewünschten Weise erfolgt. Mit Hilfe der Temperatur kann der Sauerstoffgehalt der Gasatmosphäre bei dieser Ausführungsform gesteuert werden.

Vorzugsweise erfolgt der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht bei einer Substrattemperatur von weniger als  $680^\circ\text{C}$ , insbesondere zwischen  $600^\circ\text{C}$  und  $650^\circ\text{C}$ . In diesem Temperaturbereich kann insbesondere bei Verwendung von  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  als Ausgangsmaterial ein ausreichendes Sauerstoffangebot gewährleistet werden, das zur Bildung des Mischoxids  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  führt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand zweier Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein ternäres Phasendiagramm für das System Praseodym-Sauerstoff-Silizium und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements.

Figur 1 zeigt ein ternäres Phasendiagramm für das System Praseodym-Sauerstoff-Silizium. Dieses Phasendiagramm wurde im Rahmen von For-

schungsarbeiten im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung experimentell ermittelt.

Das Phasendiagramm weist drei Koordinatenachsen 10, 12 und 14 auf, die in der Form eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet sind. Den Eckpunkten des gleichseitigen Dreiecks sind die Elemente Praseodym, Sauerstoff und Silizium zugeordnet. Die Konzentration dieser Elemente entspricht dort dem Wert 1. Entlang den Seiten des Dreiecks sinkt die Konzentration des jeweiligen Elementes bis auf den Wert Null.

Bei einem Siliziumgehalt 0,5 liegt Siliziummonoxid  $\text{SiO}$  vor. Dieser Punkt des Phasendiagramms ist mit dem Bezugszeichen 16 gekennzeichnet. Bei einem Siliziumgehalt von 0,33 liegt Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$  vor. Dieser Punkt des Phasendiagramms ist mit dem Bezugszeichen 18 gekennzeichnet. Entlang der Koordinatenachse 14 enthält die Phase ausschließlich Praseodym und Sauerstoff und kein Silizium. Eingezeichnet ist der Punkt 20, bei dem Praseodymoxid in der Form  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  vorliegt.

In Form von Quadraten sind verschiedene experimentell ermittelte Phasen des Mischoxids innerhalb des von den drei Koordinatenachsen 10, 12 und 14 gebildeten Dreiecks dargestellt. Die experimentellen Werte wurden mit Hilfe der Photoelektronenspektroskopie anhand von im Temperaturbereich von 600 – 650 °C gewachsenen Proben ermittelt. Zur Ermittlung ihrer Zusammensetzung wurden die Proben mit Synchrotronstrahlung angeregt und die Energie der aus der Probe austretenden Elektronen aufgezeichnet und analysiert. Es zeigt sich, dass die ermittelten Phasen je nach Sauerstoffgehalt auf einer quasibinären Schnittlinie 22 liegen, die eine Mischphase von Praseodymoxid  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  und Siliziummonoxid  $\text{SiO}$  darstellt, oder auf einer quasibinären Schnittgerade 24, die eine Mischphase von Praseodymoxid  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  und Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$  darstellt. An einem Punkt 25, bei dem die Schnittlinie 24 die vom Scheitel zur Basis führende Mittelsenkrechte des dreieckigen Phasendiagramms schneidet, wurde eine  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  Thortveitit-Struktur ermittelt. An diesem Punkt 25 des Phasendiagramms sind der Anteil von Silizium und Praseodym im Mischoxid gleich.

Das Phasendiagramm der Figur 1 zeigt demnach, dass es gelungen ist, ein Praseodymsilikat bzw. eine pseudobinäre, nicht stöchiometrische Legierung



21

$(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  mit einstellbarem Anteil  $x$  des Praseodymoxids  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  herzustellen.

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements 30 mit einem Siliziumsubstrat 32, und einer  
5 daran angrenzenden Mischoxidschicht 34. An einer Grenzfläche 36 zwischen dem Siliziumsubstrat 32 und der Mischoxidschicht 34 weist das Substrat eine (001)-Oberfläche auf. Bei der Mischoxidschicht handelt es sich um eine  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ -Schicht, bei der der Koeffizient  $x$  an der Grenzfläche 36 einen Wert 0,3 und an einer Grenzfläche 38 zu einer benachbarten Praseodymoxidschicht  
10  $(\text{Pr}_2\text{O}_3)$  40 einen Wert 1 aufweist. Oberhalb der Praseodymoxidschicht 40 ist eine Polysiliziumschicht 42 angeordnet.

Das Substrat 32 ist hier in seiner inneren Struktur nicht näher dargestellt. Das Bauelement 30, das hier auch lediglich in einem Ausschnitt gezeigt ist, kann beispielsweise ein MOSFET oder ein Speicherelement eines DROM-Speichers sein.  
15

Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement (30) mit einer siliziumhaltigen Schicht (32) und einer Praseodymoxidschicht (40), dadurch gekennzeichnet,  
5 dass zwischen der siliziumhaltigen Schicht (32) und der Praseodymoxidschicht (40) eine Mischoxidschicht (34) enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff angeordnet ist,
2. die eine Schichtdicke von weniger als 5 Nanometern aufweist.
3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, bei dem die Mischoxidschicht (34) eine Schichtdicke von maximal 3 Nanometern aufweist.  
10
4. Halbleiterbauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche; bei dem das Mischoxid (34) ein pseudobinäres, nicht stöchiometrisches Silikat oder eine Legierung des Typs  $(Pr_2O_3)_x(SiO_2)_{1-x}$  ist.
5. Halbleiterbauelement nach Anspruch 4, bei dem x zwischen der  
15 siliziumhaltigen Schicht (32) und der Praseodymoxidschicht (40) ansteigt.
6. Halbleiterbauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche; bei dem die siliziumhaltige Schicht (32) aus dotiertem oder undotiertem Silizium-Germanium besteht.  
20
7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die siliziumhaltige Schicht aus dotiertem oder undotiertem Silizium besteht.
8. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Silizium-Germanium-Schicht bzw. die Siliziumschicht an der Grenzfläche zur Mischoxidschicht eine (001)-Orientierung aufweist.  
25
9. MOSFET nach einem der vorstehenden Ansprüche.
10. Speicherzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
11. Herstellungsverfahren für ein elektronisches Bauelement mit dem Schritt:  
30 - Abscheiden einer Praseodymoxidschicht (40) auf einer silizium-

haltigen Schicht (32) ,

dadurch gekennzeichnet, dass vor dem genannten Abscheidesschritt ein Schritt des Abscheidens einer Mischoxidschicht (34) enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff bei einer Substrattemperatur von weniger als 700°C erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Schritte des Abscheidens einer Mischoxidschicht (34) und des Abscheidens einer Praseodymoxidschicht (40) in Form eines Abscheidens aus der Gasphase erfolgen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Abscheideschritte mittels Molekularstrahlabscheidung erfolgen.

14. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Abscheideschritte mittels chemischer Gasphasenabscheidung erfolgen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht (34) in einer sauerstoffhaltigen Gasatmosphäre erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei dem der Schritt des Abscheidens der Praseodymoxidschicht (40) in einer sauerstoffhaltigen Gasatmosphäre erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, bei dem der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht (34) mit Hilfe eines Ausgangsmaterials erfolgt, das Praseodymoxid in der Form  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  enthält oder daraus besteht.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, bei dem der Schritt des Abscheidens der Praseodymoxidschicht (40) mit Hilfe eines Praseodymoxid in der Form  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  enthaltenden Ausgangsmaterials erfolgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, bei dem der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht (34) bei einer Temperatur von maximal 680°C erfolgt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, bei dem der Schritt des Abscheidens der Mischoxidschicht (34) bei einer Temperatur zwischen 600°C und 650°C erfolgt.

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit einer siliziumhaltigen Schicht und einer Praseodymoxidschicht, bei dem zwischen der Siliziumschicht und der Praseodymoxidschicht eine Mischoxidschicht enthaltend Silizium, Praseodym und Sauerstoff angeordnet ist, wobei der Anteil von Praseodym in Richtung von der siliziumhaltigen Schicht zur Praseodymoxidschicht zunimmt. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Herstellungsverfahren für ein solches Halbleiterbauelement. Mit Hilfe der Mischoxidschicht kann einerseits die Kapazität des Bauelements gegenüber bisher bekannten Bauelementen, die eine Siliziumoxid-Zwischenschicht enthalten, verbessert werden. Zum anderen wird eine hohe Ladungsträgerbeweglichkeit ohne die Notwendigkeit einer Siliziumoxid-Zwischenschicht erzielt.

Fig. 1

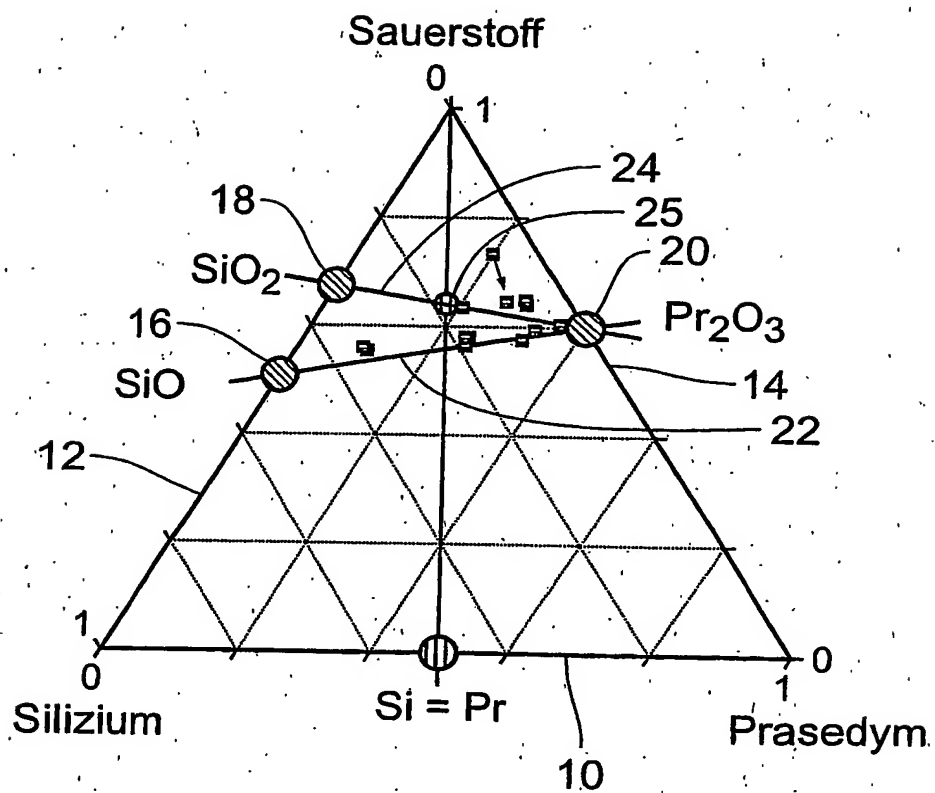


Fig. 1

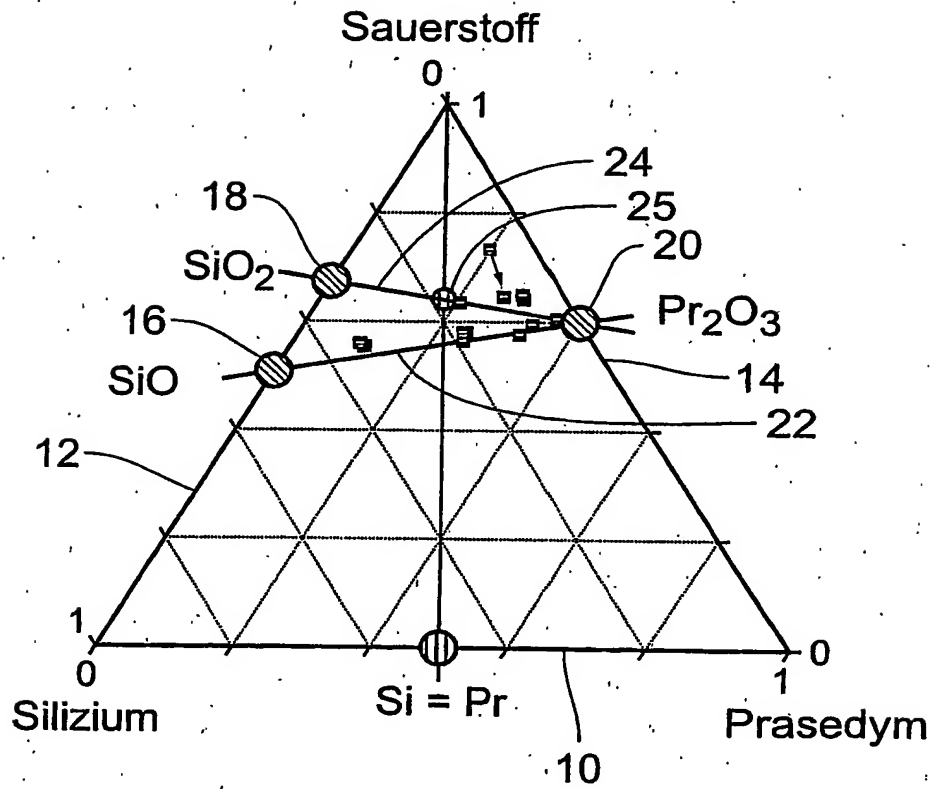


Fig. 1

2/2

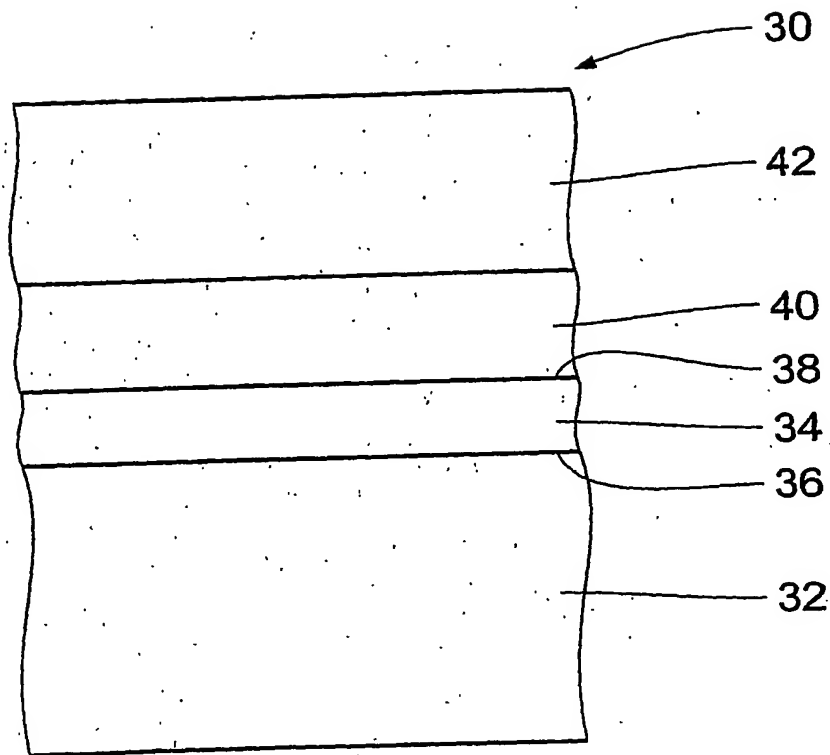


Fig. 2